

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-021799

(43)Date of publication of application : 26.01.2001

(51)Int.Cl.

G02B 13/04

(21)Application number : 11-191509

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 06.07.1999

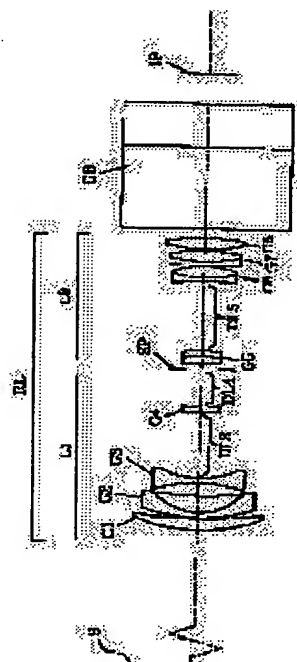
(72)Inventor : NAKAYAMA HIROKI

## (54) RETRO FOCUS TYPE LENS

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a retro focus type lens having high optical performance favorable for a liquid crystal projector.

**SOLUTION:** This retro focus type lens for projecting magnifyingly an image of a display surface on a screen has, in order from a screen side, the first lens group L1 having negative refractive power, a diaphragm, and the second lens group L2 having positive refractive power. The first lens group L1 has a positive lens having a convex face in a screen side, and a meniscus-shaped negative lens having a convex face in the screen side in order from the nearest side to a screen, and a conditional expression  $2.0 < bf/f$  is satisfied in the retro focus type lens, where (bf) represents a backfocus of an air-equivalent length and (f) is a focal distance of the whole system.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In a retro focus mold lens which carries out amplification projection of the image of the screen at a screen Sequentially from a screen side, it has the 1st lens group of negative refractive power, drawing, and the 2nd lens group of positive refractive power. A positive lens with which the 1st lens group has a convex in a screen side sequentially from a screen side most, A retro focus mold lens characterized by filling conditional expression of  $2.0 < bf/f$  when it has a negative lens of the shape of a meniscus which has a convex and a focal distance of  $bf$  and the whole system is set to  $f$  for a back focus of air conversion length at a screen side.

[Claim 2] A retro focus mold lens of claim 1 characterized by filling conditional expression of  $1.5 < bf/\phi$  when setting to  $\phi$  a path of effective \*\*\*\* determined on the outskirts of the maximum of said screen from an optical axis.

[Claim 3] A retro focus mold lens of claim 1 characterized by filling conditional expression of  $5.5 < D/f < 8$  when setting a gap from the 1st lens side by the side of said screen to a lens side by the side of said screen to  $D$ .

[Claim 4] A retro focus mold lens of claim 1 characterized by filling conditional expression of  $2.0 < |tk|/bf$  when setting distance from said screen to a pupil by the side of this screen to  $tk$ .

[Claim 5] The 11th positive lens which turned a convex to the 1st conjugate-point side sequentially from the 1st conjugate-point side when distance is long, A cemented lens which joined the 12th negative lens of the shape of a meniscus which turned a convex to the 1st conjugate-point side, and the 13th lens positive [ convex ] in both lens side and the 14th lens negative [ concave ] in both lens side, It has the 15th negative lens of the shape of a meniscus which turned a convex to the 1st conjugate-point side. A cemented lens which joined the 1st group of negative refractive power, drawing, the 21st positive lens, and the 22nd negative lens as a whole, A cemented lens which joined the 23rd negative lens and the 24th positive lens, a cemented lens which joined the 25th negative lens and the 26th positive lens, And a retro focus mold lens with which both lens side is characterized by having the 27th convex positive lens and having the 2nd group of positive refractive power as a whole.

[Claim 6] The 11th positive lens which turned a convex to the 1st conjugate-point side sequentially from the 1st conjugate-point side when distance is long, A cemented lens which joined the 12th negative lens of the shape of a meniscus which turned a convex to the 1st conjugate-point side, and the 13th lens positive [ convex ] in both lens side and the 14th lens negative [ concave ] in both lens side, It has the 15th

negative lens of the shape of a meniscus which turned a convex to the 1st conjugate-point side. A cemented lens which joined the 1st group of negative refractive power, drawing, the 21st positive lens, and the 22nd negative lens and the 23rd positive lens as a whole, A retro focus mold lens characterized by having a cemented lens which joined the 24th negative lens and the 25th positive lens, and the 26th lens positive [convex] in both lens side, and having the 2nd group of positive refractive power as a whole.

[Claim 7] The 11th positive lens which turned a convex to the 1st conjugate-point side sequentially from the 1st conjugate-point side when distance is long, A cemented lens which joined the 12th negative lens of the shape of a meniscus which turned a convex to the 1st conjugate-point side, and the 13th lens positive [convex] in both lens side and the 14th lens negative [concave] in both lens side, It has five lenses of the 15th negative lens of the shape of a meniscus which turned a convex to the 1st conjugate-point side. A cemented lens which joined the 1st group of negative refractive power, drawing, the 21st positive lens, and the 22nd negative lens as a whole, A cemented lens which joined the 23rd positive lens, and the 24th negative lens and the 25th positive lens, A retro focus mold lens characterized by for a cemented lens which joined the 26th negative lens and the 27th positive lens, and both lens side having eight lenses of the 28th convex positive lens, and having the 2nd group of positive refractive power as a whole.

[Claim 8] Claims 5 and 6 or 7 retro focus mold lenses which are characterized by satisfying conditions which become  $2.0 < bf/f$  when a focal distance of  $bf$  and the whole system is set to  $f$  for a back focus of air conversion length by the side of the 2nd conjugate point when distance is short.

[Claim 9] A retro focus mold lens of claim 8 characterized by satisfying  $2.0 < |tk|/bf$  when distance from the 2nd conjugate point to an exit pupil by the side of the 2nd conjugate point is set to  $tk$ .

[Claim 10] A projection device characterized by having a retro focus mold lens of any 1 term of claims 1-9 as an object for projection.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Concerning a retro focus mold lens, in the finite distance which had the image displayed on the screens, such as a liquid crystal display element, fixed, this invention uses two or more liquid crystal etc. for a screen for every colored light at the screen in the projection equipment which carries out amplification projection, carries out color composition, and relates to the retro focus mold lens of the small tele cent rucksack mold of a simple configuration of performing high definition image projection.

[0002]

[Description of the Prior Art] Before, the retro focus (reverse looking-far mold) mold lens which the lens group of negative refractive power precedes is proposed [ that it is various and ] as a taking lens of the extensive field angle which has a long back focus.

[0003] Although the formation of an extensive field angle is comparatively easy for the retro focus mold lens of the negative reed-type which the lens group of a negative refraction mosquito precedes, since the lens system is unsymmetrical, it has the defect that generating of distortion becomes large especially among many aberration.

[0004] These people have proposed the retro focus mold lens which has improved these defects by JP,63-81310,A, JP,63-81311,A, etc.

[0005] In these official reports, the lens system was constituted from negative and two lens groups of positive refractive power in order [ side / body ], and the lens configuration of each lens group is set up appropriately. In this invention, what is assumed is an electrophotography camera and it assumes putting in a low pass filter and a color filter behind a lens system.

[0006] For this reason, it is not the configuration which arranges big glass material like color composition systems, such as crossing die clo prism required for projection equipment. Therefore, the back focus serves as shorter setting out.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Generally the retro focus mold lens changes ahead from the lens configuration unsymmetrical as a whole which has arranged the lens group of positive refractive power at the lens group of negative refractive power, and back. For this reason, there was an inclination for the yield of \*\*\*\*\* aberration, such as comatic aberration, distortion aberration, and astigmatism, to increase.

[0008] Moreover, in order to secure a long back focus and to have to enlarge the absolute value of the negative refractive power of a front lens group, the yield of many aberration increased further and there was a trouble that it was very difficult to amend many of such aberration with sufficient balance good generally.

[0009] For example, in a liquid crystal projector, in case amplification projection of the display image is carried out at a screen, when dividing and using a liquid crystal display object for two or more colored light of every, compounding each colored light and projecting with one projector lens, it is necessary to satisfy the following conditions.

[0010] (\*\*-1) In order to eliminate the effect of angle dependence of the color composition dichroic mirror when compounding the luminous-intensity-distribution property of liquid crystal or two or more colored light, it is the so-called telecentric optical system which has a pupil by the side of a panel (exit pupil) far away.

[0011] (\*\*-2) In order to secure the space of the color composition element which intervenes between a display object and a projector lens, have a long back focus.

[0012] (\*\*-3) Usually, in order to carry out upper part projection of the display image on a screen, since near a front ball does not have the service area symmetrical with an optical axis to be used and a bias and front \*\*\*\* become large as a result in the upper part, an improvement means be needed [ to the optical axis of a projector lens, a display object should be used, after the center position has shifted, and ]. Moreover, a field angle should also become also tends to become large.

[0013] the long tele cent of the back focus which it is brightly small at an extensive field angle, and generating of the chromatic aberration of magnification and distortion aberration has, and can perform suitable high definition image projection for amplification projection projection equipment with a lens configuration with simple this invention -- it aims at offer of the lens of a rucksack retro focus mold. [ few ]

[0014]

[Means for Solving the Problem] A retro focus mold lens of invention of claim 1 In a retro focus mold lens which carries out amplification projection of the image of the screen at a screen Sequentially from a screen side, it has the 1st lens group of negative refractive power, drawing, and the 2nd lens group of positive refractive power. The 1st lens group is  $2.0 < bf/f$ , when it has a negative lens of the shape of a meniscus which has a convex and a focal distance of  $bf$  and the whole system is most set to  $f$  for a back focus of air conversion length sequentially from a screen side at a positive lens [ which has a convex in a screen side ], and screen side. .... (1)

It is characterized by filling \*\*\*\*\*.

[0015] Invention of claim 2 is  $1.5 < bf/\phi$ , when setting to  $\phi$  a path of effective \*\*\*\* determined on the outskirts of the maximum of said screen from an optical axis in invention of claim 1. .... (2)

It is characterized by filling \*\*\*\*\*.

[0016] Invention of claim 3 is  $5.5 < D/f < 8$  when setting a gap from the 1st lens side by the side of said screen to a lens side by the side of said screen to  $D$  in invention of claim 1. .... (3)

It is characterized by filling \*\*\*\*\*.

[0017] Invention of claim 4 is  $2.0$  when setting distance from said screen to pupil by the side of this screen to  $tk$  in invention of claim 1  $< |tk|/bf$ . .... (4)

It is characterized by filling \*\*\*\*\*.

[0018]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 and drawing 2 are the lens cross sections and aberration drawings of the numerical example 1 of this invention. Drawing 3 and drawing 4 are the lens cross sections and aberration drawings of the numerical example 2 of this invention. Drawing 5 and drawing 6 are the lens cross sections and aberration drawings of the numerical example 3 of this invention.

[0019] In the lens cross section, RL is a retro focus mold lens (projector lens), and has the 1st lens group L1 of negative refractive power, and the 2nd lens group L2 of positive refractive power before and after aperture-diaphragm SP.

[0020] S is a screen. The projector lens RL is carrying out amplification projection of the image displayed on the screen IP of display devices, such as a liquid crystal display panel, on Screen S.

[0021] IP is the 2nd conjugate point when distance is short the 1st conjugate point side when the distance of Screen S side is long.

[0022] GB(s) are color separation prism, a filter, etc. and are shown as a glass block. A focus moves the 1st group or/and the 2nd group, and is performed.

[0023] In addition, although it is desirable to carry out by the 1st lens group as for focus doubling to finite distance, it may carry out on the whole, distance doubling may be carried out with the lens of either of the 2nd lens groups, and you may carry out by moving a display panel.

[0024] In this invention, the 1st group L1 has most the positive lens which turned the convex to Screen S side, and the negative lens of the shape of a meniscus which turned the convex to the screen side in order [ side / Screen S ]. And the above-mentioned conditional expression (1) is satisfied.

[0025] Good optical character ability has been obtained to all field angle within the limits, amending the distortion aberration in the circumference of a screen good, and having [ have a long back focus, ] an extensive field angle by this.

[0026] When it deviates from this formula (1), a desired back focus cannot be taken but it becomes less suitable for the projection equipment using a liquid crystal panel etc. It becomes impossible moreover, to secure the suitable focal distance of the 1st lens group and the 2nd lens group to eye others.

[0027] In addition, the upper limit of conditional expression (1) is desirable when being referred to as 3.5 attains the miniaturization of the whole lens system.

[0028] In addition, the feature of the lens configuration of the retro focus mold of this invention is as follows.

[0029] Sequentially from a screen side, the 1st lens group L1 has the positive lens G1 which has a convex in a screen side, and the negative lens G2 which has a convex in a screen side, and has the positive lens of both convexes, and the negative lens of both concave surfaces in order further, and the positive lens of both this convex and the negative lens of both concave surfaces are [ the group ] best to consider as stuck lens block G3. Lens block G3 which consists of this positive lens and negative lens is good to have negative refractive power.

[0030] And it is good to have the negative lens block G4 which consists of the negative lens G4 or two or more lenses which set the comparatively long gap DL 3 and have a convex in Screen S side.

[0031] the comparatively long gap DL 4 is opened behind the 1st lens group L1 to the lens side by the side of Screen S the 2nd lens group L2 -- most, and it extracts to the screen side of the 2nd lens group L2, and there is an SP.

[0032] The 2nd lens group L2 has the positive lens block G8 which consists of the positive lens block G7

which consists of the negative lens block G6 which opens a positive lens (or lens block which consists of two or more lenses) G5, and the comparatively long gap DL 5, and consists of a single or two or more lenses, a single, or two or more lenses, a single, or two or more lenses.

[0033] In addition, three back blocks G6, G7, and G8 may consist of lenses independent also by sticking and uniting. furthermore, a tele cent -- in order to make it a rucksack configuration, you may have the positive lens block G9 after the lens block G8. In addition, a positive lens may be in the screen side of G6.

[0034] With this operation gestalt, the retro focus mold lens with the high long optical-character ability of a back focus is attained by specifying a lens configuration as mentioned above.

[0035] In addition, the projection device of this invention uses the above retro focus mold lens as an object for projection.

[0036] In addition, in order to obtain a further predetermined back focus easily, to amend the aberration outside a shaft good moreover and to amend the optical-character ability of the whole screen with sufficient balance in this invention, it is good to satisfy at least one of the following conditions.

[0037] (\*\*-1) When setting to phi the path of effective \*\*\*\* determined on the outskirts of the maximum of said screen from an optical axis, it is  $1.5 < bf/\phi$ . ..... (2)

It is filling \*\*\*\*\*.

[0038] When it deviates from this (2) type, a desired back focus cannot be taken but it becomes less suitable for projection equipments, such as liquid crystal. It becomes impossible moreover, to attain sufficient large field angle.

[0039] In addition, as for the upper limit of conditional expression (2), being referred to as 3 is desirable although good optical-character ability is obtained.

[0040] (\*\*-2) It is  $5.5 < D/f < 8$  when setting the gap from the 1st lens side by the side of said screen to the lens side by the side of said screen to D. .... (3)

It is filling \*\*\*\*\*.

[0041] If it deviates from this formula (3), a lens overall length becomes short, the refractive power of each lens group becomes tight, distortion will become large and the whole path will also become large.

[0042] Making distortion small, if this formula is satisfied, though it is a wide angle, it becomes easy by the tele cent rucksack to attain the small lens of front \*\*\*\*.

[0043] (\*\*-3)  $2.0 < |tk|/bf$  when setting distance from said screen to the pupil by the side of this screen to tk ..... (4)

It is filling \*\*\*\*\*.

[0044] If it deviates from the range of this formula (4), it will become difficult to eliminate the effect of angle dependence of the color composition dichroic mirror when compounding the luminous-intensity-distribution property of liquid crystal or two or more colored light.

[0045] In addition, as the upper limit of conditional expression (4) is large, it is better. For example, you may be infinite distance.

[0046] (\*\*-4) The 11th positive lens which turned the convex to the 1st conjugate-point side sequentially from the 1st conjugate-point side when distance is long, The cemented lens which joined the 12th negative lens of the shape of a meniscus which turned the convex to the 1st conjugate-point side, and the 13th lens positive [ convex ] in both the lens side and the 14th lens negative [ concave ] in both the lens side, It has the 15th negative lens of the shape of a meniscus which turned the convex to the 1st conjugate-point side. The cemented lens which joined the 1st group of negative refractive power, drawing,



the 21st positive lens, and the 22nd negative lens as a whole, It is having the cemented lens which joined the 23rd negative lens and the 24th positive lens, the cemented lens which joined the 25th negative lens and the 26th positive lens, and the 27th lens positive [ convex ] in both the lens side, and having the 2nd group of positive refractive power as a whole.

[0047] (\*\*-5) The 11th positive lens which turned the convex to the 1st conjugate-point side sequentially from the 1st conjugate-point side when distance is long, The cemented lens which joined the 12th negative lens of the shape of a meniscus which turned the convex to the 1st conjugate-point side, and the 13th lens positive [ convex ] in both the lens side and the 14th lens negative [ concave ] in both the lens side, It has the 15th negative lens of the shape of a meniscus which turned the convex to the 1st conjugate-point side. The cemented lens which joined the 1st group of negative refractive power, drawing, the 21st positive lens, and the 22nd negative lens and the 23rd positive lens as a whole, It is having the cemented lens which joined the 24th negative lens and the 25th positive lens, and the 26th lens positive [ convex ] in both the lens side, and having the 2nd group of positive refractive power as a whole.

[0048] (\*\*-6) The 11th positive lens which turned the convex to the 1st conjugate-point side sequentially from the 1st conjugate-point side when distance is long, The cemented lens which joined the 12th negative lens of the shape of a meniscus which turned the convex to the 1st conjugate-point side, and the 13th lens positive [ convex ] in both the lens side and the 14th lens negative [ concave ] in both the lens side, It has five lenses of the 15th negative lens of the shape of a meniscus which turned the convex to the 1st conjugate-point side. The cemented lens which joined the 1st group of negative refractive power, drawing, the 21st positive lens, and the 22nd negative lens as a whole, The cemented lens which joined the 23rd positive lens, and the 24th negative lens and the 25th positive lens, It is the cemented lens which joined the 26th negative lens and the 27th positive lens, and both the lens side having eight lenses of the 28th convex positive lens, and having the 2nd group of positive refractive power as a whole.

[0049] (\*\*-7) When setting [ the focal distance of the whole system ] the focal distance of  $f_1$  and the 2nd lens group to  $f_2$  for the focal distance of  $f$  and the 1st lens group, it is  $0.3 < |f_1/f_2| < 0.8$ . ..... (5)

$0.9 < |f_1/f| < 1.4$  ..... (6)

It is desirable to satisfy the becoming conditional expression.

[0050] The upper formula specifies appropriately the relation between the 2nd lens group and the 1st lens group.

[0051] (5) It becomes [ are hard coming to obtain a desired field angle, and / distortion aberration ] large and is not suitable if it deviates from the minimum of a formula. moreover -- if it deviates from a upper limit -- a back focus -- short -- becoming -- passing -- moreover, a tele cent -- it becomes difficult to make it a rucksack configuration.

[0052] (6) The image surface becomes buildup of overamendment and distortion and is not suitable for it, if a formula makes power of the 1st lens group suitable and a minimum is exceeded. Moreover, a back focus becomes short and is not suitable if a maximum is exceeded.

[0053] (\*\*-8) When a liquid crystal display element (liquid crystal panel) is used for a drop, in order to eliminate the effect of angle dependence of the color composition dichroic mirror when compounding the luminous-intensity-distribution property of liquid crystal or two or more colored light, it is effective in the lens as efficient lighting \*\*\*\* that it is the so-called telecentric optical system which has a pupil by the side of a panel (exit pupil) far away.

[0054] It is required for the pupil (exit pupil) of the lens by the side of a display panel (cutback side) to be

far away especially. It is desirable, if the following conditions are fulfilled in order to specifically eliminate the angular dependence.

[0055]  $5.0 < |t_k|/f < \dots$  (7)

In addition, the upper limit of conditional expression (7) is so good that it is large. Moreover, addressing to infinite distance \*\*\*\* is also good.

[0056] Furthermore, it is desirable for close to be in the following desirable ranges.

[0057]  $8.0 < |t_k|/f < \dots$  (7a)

Under the present circumstances, the pupil (drawing) of this lens system is preferably [ that it is near the 2nd lens group ], and specifically good to make [ of the 2nd lens group ] it most in agreement with the field by the side of a screen, or its near.

[0058] (\*\*-9) Although this invention has described the lens system of the single focal distance of a wide angle, in order to double the size of the projected image, you may move like a zoom lens so that the 1st lens group and the 2nd lens group may be moved to according to, respectively and may be tuned finely. In that case, although fine variable power is carried out to a looking-far side from a wide angle side, it is good to move the 2nd lens group to a screen side, and to move the 1st lens group to a panel side.

[0059] the 2nd lens group gives most near and comparatively strong positive refractive power to the panel which is a display object in that case -- a tele cent -- although the rucksack system is realized, it fixes in the case of fine variable power with one positive lens to which still more nearly another convex to a screen side was turned -- making -- a tele cent -- a rucksack system -- even if -- it is good.

[0060] (\*\*-10) It is good to open large space and to arrange the gap DL 3 of lens block G3 in the 1st lens group, and the lens block G4, the lens block G4, and the lens block G5 gap DL 4. According to this, distance from an entrance pupil location to a front ball is shortened, and the miniaturization of front \*\*\*\* decided by the oblique light bunch outside a shaft becomes easy.

[0061] (\*\*-11) When the focal distance of  $f_{14}$  and the 1st lens group L1 is set to  $f_1$  for the focal distance of the lens block G4, it is  $2 < f_{14}/f_1 < 6$ . .... (8)

That of \*\*\*\*\* is good. (9) It becomes [ if the maximum of a formula is exceeded, the distance of the entrance pupil from a front ball will become large, and / front \*\*\*\* ] large and is not suitable. Distortion becomes large and is not appropriate if a lower limit is exceeded.

[0062] (\*\*-12) The 1st lens group had negative refractive power, and has secured the long back focus for the space of a color composition element. In order to lengthen especially a back focus, it is good in the 1st lens group to arrange the negative lens G2 which has a convex in a screen side, and negative lens block G3.

[0063] It is better for especially the lens block G2 to be a meniscus configuration which has a convex in a screen side.

[0064] (\*\*-13) It is best for a body side to arrange [ of the 1st lens group ] a positive lens G1 because of reduction of distortion aberration. Distortion is amended good in the location which passes along an axial outdoor daylight bunch most by this.

[0065] As for especially this positive lens G1, it is desirable that it is the positive lens which has a convex in a screen side. It is more desirable to be an especially positive meniscus configuration.

[0066] (\*\*-14) About the 2nd lens group, it is good to fill the following formulas. When it is the lateral magnification  $\beta_2$  of the 2nd lens group, it is  $0.5 < |\beta_2| < 1.5$ . .... (9)

(9) A formula specifies the scale factor of the 2nd lens group the optimal. They are the conditions which

carry out image formation of the image of the object point by the side of the screen by the 1st lens group to a display panel appropriately. If a lower limit is exceeded, front \*\*\*\* will become large and a back focus will become short. If an upper limit is exceeded, it becomes impossible to take a desired wide angle, and is not suitable.

[0067] (\*\*-15) When it is the distance from the 2nd lens group to the display object (image surface) IP and the focal distance of bf and the 1st lens group is set to f1 for the air conversion length except an impounding basin lob rhythm etc., it is  $0.3 < |f1| / bf < 0.7$ . ..... (10)

It is satisfied.

[0068] (10) Formulas are the conditions for lengthening an exit pupil and making it a tele cent rucksack, taking distortion appropriately. Especially distortion becomes large and is not appropriate if the path of the 1st lens group will be enlarged if a maximum is exceeded, and a minimum is exceeded.

[0069] (\*\*-16) It is good to use the aspheric surface where the aspheric surface or the positive refractive power which weakens negative refractive power becomes strong as it goes on the outskirts in the 1st lens group, in order to amend distortion.

[0070] It is good to specifically introduce into the lens side of lenses G1 and G2 or the lens block G4 either.

[0071] (\*\*-17)  $50 < nu_{lp}$  in order to stop the chromatic aberration of magnification, when the Abbe number of the construction material of a certain negative lens in  $nu_{lp}$  and the 1st lens group is set to  $nu_{ln}$  for the Abbe number of the construction material of a certain positive lens in the 1st lens group ..... (11)

$nu_{ln} < 35$  ..... (12)

It is good to be satisfied.

[0072] (\*\*-18) When distance from DL5 and the 1st lens side to the last lens side (lens side by the side of the drop of the lens block G8) is set [ the gap of lens block G3 and the lens block G4 / the gap of DL3, the lens block G4, and the lens block G5 ] to D for the gap of DL4, the lens block G5, and the lens block G6, it is  $0.15 < DL3 / D < 0.35$ . ..... (13)

$0.1 < DL4 / D < 0.3$  ..... (14)

$0.1 < DL5 / D < 0.3$  ..... (15)

It is satisfied.

[0073] These formulas are for setting up distortion, an overall length, and an outer-diameter size exactly with arrangement of two lens blocks G4 and G5 which sandwiched drawing. If both maximums are exceeded, an overall length will be large and a path will also increase. Moreover, distortion becomes large and is not appropriate if a minimum is exceeded.

[0074] The example of this invention is indicated below.

[0075] a numerical example -- setting --  $R_i$  -- a screen side -- order -- the i-th optical member thickness or an air gap,  $n_{ui}$  and  $n_{li}$  are the radius of curvatures of the i-th field, and  $D_i$  is the refractive index and the Abbe number of the i-th optical member in order from a body side in a body side, respectively.

[0076] moreover, it can set in the numerical examples 1-3 -- the plate lens GB by the side of the screen shows glass blocks, such as color composition prism, a polarizing filter, and a light filter, most.

[0077] Moreover, the relation between the above-mentioned monograph affair type and many numeric values in a numerical example is shown in a table -1.

Numerical example 1  $f = 27.85$   $fNo = 1:1.35$   $2\omega = 63.7$  degree  $R_1 = 95.759$   $D_1 = 7.50$   $N_1 = 1.69948$   $nu_1 = 55.5$   $R_2 = 246.912$   $D_2 = 0.40$   $R_3 = 87.793$   $D_3 = 4.00$   $N_2 = 1.85415$   $nu_2 = 23.8$   $R_4 = 35.522$   $D_4 = 10.36$   $R_5 = 182.655$   $D_5 = 8.50$   $N_3 = 1.83876$   $nu_3 = 37.2$   $R_6 = -84.506$   $D_6 = 3.00$   $N_4 = 1.62528$   $nu_4 = 58.2$   $R_7 = 49.669$   $D_7 = 3.00$

7=42.16 (=DL3) R 8= 116.634 D 8= 3.00 N 5=1.70384 nu 5= 30.1 R 9= 39.138 D 9=24.51 (=DL4) R10=  
 (drawing) D10= 3.84 R11= 512.801 D 11= 5.00 N 6=1.85415 nu 6= 23.8 R12=-47.390 D 12= 3.00 N  
 7=1.48898 nu 7= 70.2 R13=-93.391 D 13= 45.62 (=DL5) R14=-89.618 D 14= 2.00 N 8= 1.85415 nu 8= 23.8  
 R15= 89.618 D 15= 7.00 N 9=1.48898 nu 9= 70.2 R16=-54.819 D 16= 0.40 R17=4387.233 D 17= 2.00  
 N10=1.85415 nu10=23.8 R18= 82.960 D 18= 8.00 N 11= 1.48898 nu11=70.2 R19=-82.960 D 19= 0.40 R20=  
 98.797 D 20= 8.00 N 12= 1.66120 nu12=50.9 R21=-98.797 D 21= 5.00 R22=infinity D 22= 52.00 N 13=  
 1.51805 nu13=64.1 R23= infinity D 23= 28.00 N 14= 1.81185 nu14=25.4 R24= infinity GB=R22, R23, R24  
 Numerical example 2 f= 27.83 fNo=1:1.35 2omega=63.7 degree R 1= 94.907 D 1= 8.16 N 1=1.78968 nu 1=  
 44.2 R 2= 245.838 D 2= 0.40 R 3= 82.544 D 3 4.00 N 2=1.85415 nu 2= 23.8 R 4= 37.435 D 4=10.21 R 5=  
 217.440 D 5= 6.60 N 3=1.72305 nu 3= 50.2 R 6=-152.745 D 6= 3.00 N 4=1.60524 nu 4= 60.6 R 7= 49.644 D  
 7=38.20 (=DL3) R 8= 78.880 D 8= 3.00 N 5=1.69948 nu 5=55.5 R 9= 38.086 D 9=30.66 (=DL4) R10=  
 (drawing) D10=12.76 R11= 145.004 D11= 5.00 N 6=1.85415 nu 6= 23.8 R12=-65.626 D 12= 3.00 N  
 7=1.48898 nu 7= 70.2 R13=-168.858 D 13= 34.56 (=DL5) R14= - 55.583 D 14= 2.00 N 8=1.85415 nu 8=  
 23.8 R15=123.939 D15= 8.00 N 9=1.48898 nu 9= 70.2 R16=-50.416 D 16= 0.48 R17=4085.594 D17= 2.00  
 N10=1.85415 nu10=23.8 R18= 69.457 D 18= 10.00 N 11= 1.48898 nu11=70.2 R19=-65.396 D 19= 0.47  
 R20= 98.449 D 20= 8.00 N 12= 1.72305 nu12=50.2 R21=-125.135 D 21= 5.06 R22= infinity D 22= 52.00 N  
 13= 1.51805 nu13=64.1 R23= infinity D 23= 28.00 N 14= 1.81185 nu14=25.4 R24= infinity GB=R22, R23,  
 R24 Numerical example 3 f= 50.52 fNo=1:2.7 2omega=66.6 degree R 1= 160.139 D 1= 12.86 N 1=1.77582  
 nu 1= 49.6 R 2= 402.731 D 2= 0.73 R 3= 132.472 D 3 7.50 N 2=1.85415 nu 2= 23.8 R 4= 58.488 D 4= 18.86  
 R 5= 304.785 D 5= 13.00 N 3=1.83876 nu 3= 37.2 R 6=-243.538 D 6= 5.50 N 4=1.62528 nu 4= 58.2 R 7=  
 61.963 D 7= 85.92 (=DL3) R 8= 90.313 D 8= 5.50 N 5= 1.70384 nu 5= 30.1 R 9= 53.854 D 9= 37.88 (=DL4)  
 R10= (drawing) D10= 0.06 R11= 200.546 D11= 9.10 N 6=1.85415 nu 6= 23.8 R12=-111.986 D 12= 44.96  
 (=DL5) R13=-279.560 D13= 3.50 N 7=1.85415 nu 7= 23.8 R14= 116.036 D 14= 12.00 N 8= 1.48898 nu 8=  
 70.2 R15=-104.031 D15= 1.50 R16=-145.351 D16= 3.50 N 9=1.85415 nu 9= 23.8 R17= 99.581 D 17= 16.00  
 N10=1.48898 nu10=70.2 R18=-82.806 D18= 0.70 R19= 156.507 D 19= 13.00 N 11= 1.66120 nu11=50.9  
 R20=-181.387 D20= 1.50 R22= infinity GB=R21 and R22 The numerical example 4 f= 27.81  
 fNo=1:1.35 2omega=63.7 degree R 1= 118.715 D 1= 8.00 N 1=1.69948 nu 1= 55.5 R 2= 343.746 D 2= 0.40 R  
 3= 81.203 D 3 4.00 N 2=1.85410 nu 2= 23.9 R 4= 34.626 D 4=10.10 R5= 191.387 D 5= 8.00 N 3=1.83876 nu  
 3= 37.2 R6=-109.659 D 6= 3.00 N 4=1.51805 nu 4= 64.1 R 7= 40.132 D 7=38.11 (=DL3) R 8= 121.134 D 8=  
 3.00 N 5=1.70384 nu 5= 30.1 R 9= 40.119 D 9= 27.81 (=DL4) R10= (drawing) D10= 0.00 R11=-5156.299 D  
 11= 4.00 N 6=1.85410 nu 6= 23.9 R12= -44.894 D 12= 2.50 N 7=1.48898 nu 7= 70.2 R13= -85.501 D 13=  
 42.20 (=DL5) R14=1742.043 D 14= 7.50 N 8= 1.48898 nu 8= 70.2 R15= -33.773 D 15= 3.00 R16= -33.061 D  
 16= 2.00 N 9=1.83876 nu 9= 37.2 R17= 132.695 D17= 7.50 N10=1.48898 nu10=70.2 R18= -44.065 D 18=  
 0.40 R19=-307.171 D 19= 2.00 N 11= 1.85410 nu11=23.9 R20= 80.592 D20= 8.00 N 12= 1.48898  
 nu12=70.2 R21= -80.592 D 21= 0.40 R22= 93.208 D 22= 8.00 N 13= 1.66120 nu13=50.9 R23=-93.208 D  
 23= 5.00 R24= infinity D 24= 52.00 N 14= 1.51805 nu14=64.1 R25= infinity D 25= 28.00 N 15= 1.81185  
 nu15=25.4 R26= infinity GB=R24, R25, R26 [0078]

[A table 1]

条件式	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4
$f$	27.85	27.83	50.52	27.81
$f1$	-29.24	-34.69	-47.34	-29.09
$f2$	69.53	67.54	94.95	117.83
$bf(in\ air)$	73.825	74.66	116.85	73.67
$D$	188.694	190.49	292.07	189.503
$tk$	159552.8	-140371	-320.67	144929.4
(9) $\beta 2$	-0.953	-0.8023	-1.087	0.956
$\phi$	34.6	34.6	66.4	34.6
$f14$	-86.06	-108.56	-202.13	-86.5
$L3$	42.16	38.2	85.92	38.1
$L4$	28.35	43.42	37.94	27.39
$L5$	45.62	34.56	44.96	42.199
L4-L5間隔				
(1) $bf/f$	2.643627	2.682716	2.312945	2.649047
(2) $bf/\phi$	2.12789	2.157803	1.759789	2.129191
(3) $D/f$	6.775368	6.844772	5.781275	6.814204
(4) $tk/bf$	2167.101	-1880.14	-2.74429	1967.278
(5) $f1/f2$	-0.42054	-0.51362	-0.49858	-0.24688
(6) $f1/f$	-1.04991	-1.2465	-0.93705	-1.04603
(7) $tk/f$	5729.005	-5043.87	-6.34739	5211.413
(10) $f1/bf$	-0.39715	-0.46464	-0.40513	-0.39487
(8) $f14/f1$	2.908687	3.129432	4.269751	2.97353
(13) $DL3/D$	0.223431	0.200535	0.294176	0.201052
(14) $DL4/D$	0.150243	0.227938	0.1299	0.144536
(15) $DL5/D$	0.241767	0.181427	0.153936	0.222682

[0079]

[Effect of the Invention] According to this invention, by setting up each element as mentioned above, it is brightly small at an extensive field angle, there is little generating of the chromatic aberration of magnification and distortion aberration, and the lens of the long retro focus mold of the back focus which can perform suitable high definition image projection for amplification projection projection equipment can be attained with a simple lens configuration.

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The lens cross section of the numerical example 1 of this invention

[Drawing 2] Many aberration drawings of the numerical example 1 of this invention

[Drawing 3] The lens cross section of the numerical example 2 of this invention

[Drawing 4] Many aberration drawings of the numerical example 2 of this invention

[Drawing 5] The lens cross section of the numerical example 3 of this invention

[Drawing 6] Many aberration drawings of the numerical example 3 of this invention

[Drawing 7] The lens cross section of the numerical example 4 of this invention

[Drawing 8] Many aberration drawings of the numerical example 4 of this invention

[Description of Notations]

L1 The 1st group

L2 The 2nd group

S Screen

SP Drawing

IP Image surface

d d line

g g line

deltaS Sagittal image surface

deltaM Meridional image surface

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-21799

(P2001-21799A)

(43)公開日 平成13年1月26日(2001.1.26)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 B 13/04

識別記号

F I  
G 0 2 B 13/04

テーマコード(参考)  
C 2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平11-191509

(22)出願日 平成11年7月6日(1999.7.6)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 中山 博喜

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(74)代理人 100086818

弁理士 高梨 幸雄

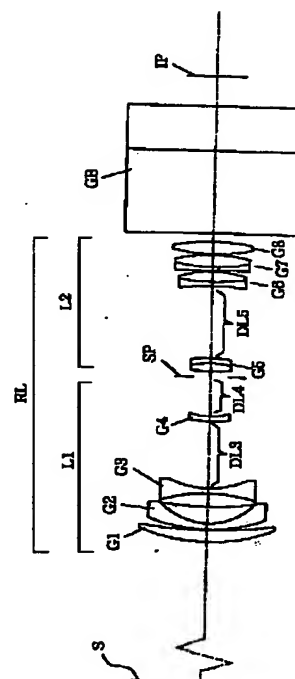
Fターム(参考) 2H087 KA06 LA03 MA04 MA06 MA07  
MA08 MA09 NA02 PA08 PA09  
PA16 PA20 PB11 PB12 PB13  
QA02 QA07 QA12 QA22 QA25  
QA34 QA41 QA46 RA32 RA41  
RA43

(54)【発明の名称】 レトロフォーカス型レンズ

(57)【要約】

【課題】液晶プロジェクターに好適な高い光学性能を有したレトロフォーカス型レンズを得ること。

【解決手段】表示面の画像を、スクリーンに拡大投射するレトロフォーカス型レンズにおいて、スクリーン側から順に、負の屈折力の第1レンズ群、絞り、正の屈折力の第2レンズ群とを有し、第1レンズ群は最もスクリーン側から順にスクリーン側に凸面を有する正レンズ、スクリーン側に凸面を有するメニスカス状の負レンズを有し、空気換算長のバックフォーカス $b f$ 、全系の焦点距離 $f$ を各々適切に設定したこと。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 表示面の画像を、スクリーンに拡大投射するレトロフォーカス型レンズにおいて、スクリーン側から順に、負の屈折力の第1レンズ群、絞り、正の屈折力の第2レンズ群とを有し、第1レンズ群は最もスクリーン側から順にスクリーン側に凸面を有する正レンズ、スクリーン側に凸面を有するメニスカス状の負レンズを有し、空気換算長のバックフォーカスを $b f$ 、全系の焦点距離を $f$ としたとき

$$2. \quad 0 < b f / f$$

の条件式を満たすことを特徴とするレトロフォーカス型レンズ。

【請求項2】 光軸から、前記表示面の最周辺で決定される有効像円の径を $\phi$ とするとき

$$1. \quad 5 < b f / \phi$$

の条件式を満たすことを特徴とする請求項1のレトロフォーカス型レンズ。

【請求項3】 前記スクリーン側の第1レンズ面から、前記表示面側のレンズ面までの間隔を $D$ とするとき、

$$5. \quad 5 < D / f < 8$$

の条件式を満たすことを特徴とする請求項1のレトロフォーカス型レンズ。

【請求項4】 前記表示面から、該表示面側の瞳までの距離を $t k$ とするとき

$$2. \quad 0 < |t k| / b f$$

の条件式を満たしていることを特徴とする請求項1のレトロフォーカス型レンズ。

【請求項5】 距離の長い第1共役点側から順に、第1共役点側に凸面を向けた正の第11レンズ、第1共役点側に凸面を向けたメニスカス状の負の第12レンズ、両レンズ面が凸面の正の第13レンズと両レンズ面が凹面の負の第14レンズとを接合した接合レンズ、第1共役点側に凸面を向けたメニスカス状の負の第15レンズを有し、全体として負の屈折力の第1群、絞り、正の第21レンズと負の第22レンズとを接合した接合レンズ、負の第23レンズと正の第24レンズとを接合した接合レンズ、負の第25レンズと正の第26レンズとを接合した接合レンズ、そして両レンズ面が凸面の正の第27レンズを有し、全体として正の屈折力の第2群とを有することを特徴とするレトロフォーカス型レンズ。

【請求項6】 距離の長い第1共役点側から順に、第1共役点側に凸面を向けた正の第11レンズ、第1共役点側に凸面を向けたメニスカス状の負の第12レンズ、両レンズ面が凸面の正の第13レンズと両レンズ面が凹面の負の第14レンズとを接合した接合レンズ、第1共役点側に凸面を向けたメニスカス状の負の第15レンズを有し、全体として負の屈折力の第1群、絞り、正の第21レンズ、負の第22レンズと正の第23レンズとを接合した接合レンズ、負の第24レンズと正の第25レンズとを接合した接合レンズ、そして両レンズ面が凸面の

2

正の第26レンズを有し、全体として正の屈折力の第2群とを有することを特徴とするレトロフォーカス型レンズ。

【請求項7】 距離の長い第1共役点側から順に、第1共役点側に凸面を向けた正の第11レンズ、第1共役点側に凸面を向けたメニスカス状の負の第12レンズ、両レンズ面が凸面の正の第13レンズと両レンズ面が凹面の負の第14レンズとを接合した接合レンズ、第1共役点側に凸面を向けたメニスカス状の負の第15レンズの5つのレンズを有し、全体として負の屈折力の第1群、絞り、正の第21レンズと負の第22レンズとを接合した接合レンズ、正の第23レンズ、負の第24レンズと正の第25レンズとを接合した接合レンズ、負の第26レンズと正の第27レンズとを接合した接合レンズ、そして両レンズ面が凸面の正の第28レンズの8つのレンズを有し、全体として正の屈折力の第2群とを有することを特徴とするレトロフォーカス型レンズ。

【請求項8】 距離の短い第2共役点側での空気換算長のバックフォーカスを $b f$ 、全系の焦点距離を $f$ としたとき

$$2. \quad 0 < b f / f$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項5、6又は7のレトロフォーカス型レンズ。

【請求項9】 第2共役点から第2共役点側の射出瞳までの距離を $t k$ としたとき

$$2. \quad 0 < |t k| / b f$$

を満足することを特徴とする請求項8のレトロフォーカス型レンズ。

【請求項10】 請求項1から9のいずれか1項のレトロフォーカス型レンズを投射用として有していることを特徴とする投射装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レトロフォーカス型レンズに関し、例えば液晶表示素子などの表示面に表示した画像を固定された有限距離にて、スクリーンに拡大投射するプロジェクション装置において、表示面に各色光ごとに複数の液晶等を用い、色合成して、高精細な画像投射を行う簡易な構成の小型なテレセントリック型のレトロフォーカス型レンズに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、長いバックフォーカスを有する広画角の撮影レンズとして負の屈折力のレンズ群が先行するレトロフォーカス（逆望远型）型レンズが種々と提案されている。

【0003】負の屈折力のレンズ群が先行するネガティブリード型のレトロフォーカス型レンズは比較的広画角化が容易であるが、レンズ系が非対称であるため、諸収差のうち特に歪曲の発生が大きくなるという欠点を有している。

50



(3)

3

【0004】本出願人はこれらの欠点を改善したレトロフォーカス型レンズを、例えば特開昭63-81310号公報、特開昭63-81311号公報等で提案している。

【0005】これらの公報ではレンズ系を物体側より順に負、正の屈折力の2つのレンズ群より構成して各レンズ群のレンズ構成を適切に設定している。この発明では想定しているものが電子写真カメラであり、レンズ系の後ろにローパスフィルターや、色フィルターを入れることを想定している。

【0006】このために、プロジェクション装置に必要なクロスダイクロプリズム等の色合成系のような大きなガラス材を配置する構成ではない。そのためにバックフォーカスが短めの設定となっている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】一般にレトロフォーカス型レンズは前方に負の屈折力のレンズ群、後方に正の屈折力のレンズ群を配置した全体として非対称のレンズ構成より成っている。この為、コマ収差、歪曲収差、そして非点収差等の軸外諸収差の発生量が多くなる傾向があった。

【0008】又、長いバックフォーカスを確保する為に前方のレンズ群の負の屈折力の絶対値を大きくしなければならぬため、更に諸収差の発生量が多くなり、一般にこれらの諸収差をバランス良く良好に補正するのが大変難しいという問題点があった。

【0009】例えば液晶プロジェクターにおいて、表示画像をスクリーンに拡大投射する際、液晶表示体を複数の色光ごとに分けて用い、各色光を合成して1本の投射レンズにて投射する場合、以下の条件を満足することが必要となる。

【0010】(ア-1) 液晶の配光特性、または複数の色光を合成する時の色合成ダイクロミックミラーの角度依存の影響を排除する為に、パネル側の瞳(射出瞳)が遠方にある所謂テレセントリック光学系であること。

【0011】(ア-2) 表示体と投射レンズの間に介在する色合成素子のスペースを確保する為に、長いバックフォーカスを有すること。

【0012】(ア-3) 通常、表示画像をスクリーン上に上方投射する為に、投射レンズの光軸に対し、表示体はその中心位置がシフトした状態で用いられ、結果として前玉付近は使用する有効領域が光軸対称ではなく、上方に偏り、前玉径が大きくなるので改善手段が必要となること。また、画角も大きくなりがちなこと。

【0013】本発明は、簡易なレンズ構成にて、広画角で明るく小型で倍率色収差、歪曲収差の発生が少なく、拡大投射プロジェクション装置に好適な、高精細な画像投影を行うことができるバックフォーカスの長いテレセントリックなレトロフォーカス型のレンズの提供を目的とする。

4

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明のレトロフォーカス型レンズは、表示面の画像を、スクリーンに拡大投射するレトロフォーカス型レンズにおいて、スクリーン側から順に、負の屈折力の第1レンズ群、絞り、正の屈折力の第2レンズ群とを有し、第1レンズ群は最もスクリーン側から順にスクリーン側に凸面を有する正レンズ、スクリーン側に凸面を有するメニスカス状の負レンズを有し、空気換算長のバックフォーカスを $b f$ 、全系の焦点距離を $f$ としたとき

$$2. \quad 0 < b f / f \quad \cdots \cdots (1)$$

の条件式を満たすことを特徴としている。

【0015】請求項2の発明は請求項1の発明において、光軸から、前記表示面の最周辺で決定される有効像円の径を $\phi$ とするとき

$$1. \quad 5 < b f / \phi \quad \cdots \cdots (2)$$

の条件式を満たすことを特徴としている。

【0016】請求項3の発明は請求項1の発明において、前記スクリーン側の第1レンズ面から、前記表示面側のレンズ面までの間隔を $D$ とするとき、

$$5. \quad 5 < D / f < 8 \quad \cdots \cdots (3)$$

の条件式を満たすことを特徴としている。

【0017】請求項4の発明は請求項1の発明において、前記表示面から、該表示面側の瞳までの距離を $t k$ とするとき

$$2. \quad 0 < |t k| / b f \quad \cdots \cdots (4)$$

の条件式を満たしていることを特徴としている。

【0018】

【発明の実施の形態】図1、図2は本発明の数値実施例1のレンズ断面図と収差図である。図3、図4は本発明の数値実施例2のレンズ断面図と収差図である。図5、図6は本発明の数値実施例3のレンズ断面図と収差図である。

【0019】レンズ断面図において、 $R L$ はレトロフォーカス型レンズ(投射レンズ)であり、開口絞り $S P$ の前後に負の屈折力の第1レンズ群 $L 1$ と正の屈折力の第2レンズ群 $L 2$ とを有している。

【0020】 $S$ はスクリーンである。投射レンズ $R L$ は液晶ディスプレイパネル等の表示素子の表示面 $I P$ に表示した画像をスクリーン $S$ 上に拡大投射している。

【0021】スクリーン $S$ 側が距離の長い第1共役点側、 $I P$ が距離の短い第2共役点である。

【0022】 $G B$ は色分解プリズム、フィルター等であり、ガラスブロックとして示している。フォーカスは第1群又は/及び第2群を移動させて行っている。

【0023】尚、有限距離へのピント合わせは第1レンズ群で行うのが好ましいが、全体で行っても、第2レンズ群の中のいずれかのレンズで距離合わせをしてもよく、又表示パネルを移動して行ってもよい。

【0024】本発明では第1群 $L 1$ は、最もスクリーン

(4)

5

S側より順に、スクリーンS側に凸面を向けた正レンズとスクリーン側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズを有している。そして前述の条件式(1)を満足させている。

【0025】これによって長いバックフォーカスを有し、画面周辺での歪曲収差を良好に補正し、広画角を有しつつ全画角範囲内において良好なる光学性能を得ている。

【0026】この式(1)を逸脱すると、所望のバックフォーカスがとれず、液晶パネル等を用いたプロジェクション装置には適当でなくなる。またそのために第1レンズ群と第2レンズ群の適切な焦点距離が確保できなくなる。

【0027】尚、条件式(1)の上限値は3.5とするのがレンズ系全体の小型化を図る上で好ましい。

【0028】尚、本発明のレトロフォーカス型のレンズ構成の特徴は次のとおりである。

【0029】第1レンズ群L1は最もスクリーン側から順に、スクリーン側に凸面を有する正レンズG1、スクリーン側に凸面を有する負レンズG2を有し、更に両凸面の正レンズ、両凹面の負レンズを順に有し、この両凸面の正レンズと両凹面の負レンズは貼り合わせたレンズブロックG3とするのが良い。この正レンズと負レンズより成るレンズブロックG3は負の屈折力をもつのが良い。

【0030】そして比較的長い間隔DL3においてスクリーンS側に凸面を有する負のレンズG4または複数のレンズより成る負のレンズブロックG4を有するのが良い。

【0031】第1レンズ群L1の後ろに比較的長い間隔DL4(第2レンズ群L2の最もスクリーンS側のレンズ面まで)をあけて、また第2レンズ群L2のスクリーン側には絞りSPがある。

【0032】第2レンズ群L2は正のレンズ(又は複数のレンズより成るレンズブロック)G5と比較的長い間隔DL5をあけて単一又は複数のレンズより成る負のレンズブロックG6、単一又は複数のレンズより成る正のレンズブロックG7、単一又は複数のレンズより成る正のレンズブロックG8とを有している。

【0033】尚、後ろの3つのブロックG6、G7、G8は貼りあわせでも単独のレンズで構成されてもよい。更にテレセントリックな構成にするためにレンズブロックG8以降に正のレンズブロックG9を有してもよい。尚、G6のスクリーン側に正レンズがあっても良い。

【0034】本実施形態では以上のように、レンズ構成を特定することにより、バックフォーカスの長い高い光学性能を有したレトロフォーカス型レンズを達成している。

【0035】尚、本発明の投射装置は以上のレトロフォーカス型レンズを投射用として用いている。

6

【0036】尚、本発明において更に所定のバックフォーカスが容易に得られ、しかも軸外収差を良好に補正し、画面全体の光学性能をバランス良く補正するには、次の条件のうち少なくとも1つを満足させるのが良い。

【0037】(イー1)光軸から、前記表示面の最周辺で決定される有効像円の径を $\phi$ とすると

$$1. \quad 5 < b f / \phi \quad \cdots \cdots (2)$$

の条件式を満たすことである。

【0038】この(2)式を逸脱すると、所望のバックフォーカスがとれず、液晶等のプロジェクション装置には適当でなくなる。また十分な広い画角を達成できなくなる。

【0039】尚、条件式(2)の上限値は3とするのが良好なる光学性能を得るのに好ましい。

【0040】(イー2)前記スクリーン側の第1レンズ面から、前記表示面側のレンズ面までの間隔をDとすると

$$5. \quad 5 < D / f < 8 \quad \cdots \cdots (3)$$

の条件式を満たすことである。

【0041】この式(3)を逸脱すると、レンズ全長が短くなり、各レンズ群の屈折力がきつくなり歪曲が大きくなり、径全体も大きくなる。

【0042】この式を満足させると歪曲を小さくしつつ、広角でありながらテレセントリックで、前玉径の小さなレンズを達成するのが容易となる。

【0043】(イー3)前記表示面から、該表示面側の瞳までの距離を $t_k$ とすると

$$2. \quad 0 < |t_k| / b f \quad \cdots \cdots (4)$$

の条件式を満たしていることである。

【0044】この式(4)の範囲を逸脱すると、液晶の配光特性、または複数の色光を合成する時の色合成ダイクロミックミラーの角度依存の影響を排除することが難しくなる。

【0045】尚、条件式(4)の上限値は大きければ大きいほど良い。例えば無限遠であっても良い。

【0046】(イー4)距離の長い第1共役点側から順に、第1共役点側に凸面を向けた正の第11レンズ、第1共役点側に凸面を向けたメニスカス状の負の第12レンズ、両レンズ面が凸面の正の第13レンズと両レンズ面が凹面の負の第14レンズとを接合した接合レンズ、第1共役点側に凸面を向けたメニスカス状の負の第15レンズを有し、全体として負の屈折力の第1群、絞り、正の第21レンズと負の第22レンズとを接合した接合レンズ、負の第23レンズと正の第24レンズとを接合した接合レンズ、負の第25レンズと正の第26レンズとを接合した接合レンズ、そして両レンズ面が凸面の正の第27レンズを有し、全体として正の屈折力の第2群とを有することである。

【0047】(イー5)距離の長い第1共役点側から順に、第1共役点側に凸面を向けた正の第11レンズ、第

(5)

7

1 共役点側に凸面を向けたメニスカス状の負の第1 2 レンズ、両レンズ面が凸面の正の第1 3 レンズと両レンズ面が凹面の負の第1 4 レンズとを接合した接合レンズ、第1 共役点側に凸面を向けたメニスカス状の負の第1 5 レンズを有し、全体として負の屈折力の第1 群、絞り、正の第2 1 レンズ、負の第2 2 レンズと正の第2 3 レンズとを接合した接合レンズ、負の第2 4 レンズと正の第2 5 レンズとを接合した接合レンズ、そして両レンズ面が凸面の正の第2 6 レンズを有し、全体として正の屈折力の第2 群とを有することである。

【0048】(イー6) 距離の長い第1 共役点側から順に、第1 共役点側に凸面を向けた正の第1 1 レンズ、第1 共役点側に凸面を向けたメニスカス状の負の第1 2 レンズ、両レンズ面が凸面の正の第1 3 レンズと両レンズ面が凹面の負の第1 4 レンズとを接合した接合レンズ、第1 共役点側に凸面を向けたメニスカス状の負の第1 5 レンズの5つのレンズを有し、全体として負の屈折力の第1 群、絞り、正の第2 1 レンズと負の第2 2 レンズとを接合した接合レンズ、正の第2 3 レンズ、負の第2 4 レンズと正の第2 5 レンズとを接合した接合レンズ、負の第2 6 レンズと正の第2 7 レンズとを接合した接合レンズ、そして両レンズ面が凸面の正の第2 8 レンズの8つのレンズを有し、全体として正の屈折力の第2 群とを有することである。

【0049】(イー7) 全系の焦点距離を  $f$ 、第1 レンズ群の焦点距離を  $f_1$ 、第2 レンズ群の焦点距離を  $f_2$  とする時、

$$0.3 < |f_1/f_2| < 0.8 \quad \dots\dots (5)$$

$$0.9 < |f_1/f| < 1.4 \quad \dots\dots (6)$$

なる条件式を満足することが好ましい。

【0050】上の式は第2 レンズ群と第1 レンズ群の関係を適切に規定したものである。

【0051】(5) 式の下限を逸脱すると所望の画角を得にくくなり、歪曲収差が大きくなり適当でない。また上限値を逸脱するとバックフォーカスが短くなりすぎ、またテレセントリックな構成にすることが難しくなる。

【0052】(6) 式は第1 レンズ群のパワーを適切にするもので下限を超えると像面が補正過剰・歪曲の増大となり適当でない。また上限を超えるとバックフォーカスが短くなり適当でない。

【0053】(イー8) 表示器に液晶表示素子(液晶パネル)を用いたときには液晶の配光特性、または複数の色光を合成する時の色合成ダイクロミックミラーの角度依存の影響を排除する為に、パネル側の瞳(射出瞳)が遠方にある所謂テレセントリック光学系であることが効率的な良い照明手投としてのレンズに有効である。

【0054】特に表示パネル側(縮小側)のレンズの瞳(射出瞳)が遠方にあることが必要である。具体的にはその角度依存性を排するためには以下の条件を満たしていれば好ましい。

8

$$【0055】5.0 |tk|/f \quad \dots\dots (7)$$

尚、条件式(7)の上限値は大きいほど良い。又、無限遠であつても良い。

【0056】更に望ましくは以下の範囲に入っていることが望ましい。

$$【0057】8.0 |tk|/f \quad \dots\dots (7a)$$

この際このレンズ系の瞳(絞り)は第2 レンズ群近傍にあるのが好ましく、具体的には第2 レンズ群の最もスクリーン側の面あるいはその近傍に一致させるのがよい。

10 【0058】(イー9) 本発明では、広角の単一の焦点距離のレンズ系について述べているが、投影された画像のサイズを合わせるためにズームレンズのように、第1 レンズ群と第2 レンズ群をそれぞれ別に動かして微調整するように動かしてもよい。その場合は広角側から望遠側に微変倍させるのに、第2 レンズ群をスクリーン側に、第1 レンズ群をパネル側に移動させるのが良い。

【0059】その際、第2 レンズ群は、表示体であるパネルに最も近く、比較的強い正の屈折力を与えることにより、テレセントリックな系を実現しているが、さらにスクリーン側に別の凸面を向けた正レンズ1枚で微変倍の際、固定させてテレセントリックな系にしてもよい。

【0060】(イー10) 第1 レンズ群中のレンズブロックG3とレンズブロックG4との間隔DL3と、レンズブロックG4とレンズブロックG5間隔DL4を広い空間をあけて配置するのが良い。これによれば、入射瞳位置から前玉までの距離を短くし、軸外斜光束で決まる前玉径の小型化が容易となる。

【0061】(イー11) レンズブロックG4の焦点距離を  $f_{14}$ 、第1 レンズ群L1の焦点距離を  $f_1$  としたとき  $2 < f_{14}/f_1 < 6$   $\dots\dots (8)$

を満たすのが良い。(9) 式の上限を超えると前玉からの入射瞳の距離が大きくなり、前玉径が大きくなり適当でない。下限値を超えると歪曲が大きくなり適当でない。

【0062】(イー12) 第1 レンズ群は、負の屈折力を有し、色合成素子のスペースのために、長いバックフォーカスを確保している。特にバックフォーカスを長くするために、第1 レンズ群内にスクリーン側に凸面を有する負レンズG2と負レンズブロックG3を配置するのが良い。

【0063】特にレンズブロックG2はスクリーン側に凸面を有するメニスカス形状である方が良い。

【0064】(イー13) 歪曲収差の低減のために第1 レンズ群の最も物体側には正のレンズG1を配置するのが良い。これにより最も軸外光束を通る位置で歪曲を良好に補正している。

【0065】特にこの正のレンズG1はスクリーン側に凸面を有する正レンズであるのが好ましい。特に、正のメニスカス形状である方が好ましい。

50 【0066】(イー14) 第2 レンズ群については以下

(6)

9

の式を満たすのが良い。第2レンズ群の横倍率 $\beta 2$ とすると

$$0.5 < |\beta 2| < 1.5 \quad \dots\dots (9)$$

(9)式は第2レンズ群の倍率を最適に規定するものである。第1レンズ群によるスクリーン側の物点の像を適切に表示パネルに結像させる条件である。下限値を超えると前玉径が大きくなり、バックフォーカスが短くなる。上限値を超えると所望の広角を取れなくなり適当でない。

【0067】(イ-15)第2レンズ群から表示体(像面)IPまでの距離でありダイクロプリズム等を除いた空気換算長さを $b f$ 、第1レンズ群の焦点距離を $f 1$ とすると、

$$0.3 < |f 1| / b f < 0.7 \quad \dots\dots (10)$$

を満足することである。

【0068】(10)式は歪曲を適切にとりながら射出瞳を長くシテレセントリックにするための条件である。上限を超えると第1レンズ群の径が大型化し、下限を超えると特に歪曲が大きくなり適当でない。

【0069】(イ-16)歪曲を補正するため第1レンズ群内に周辺に行くにしたがって負の屈折力を弱くする非球面もしくは正の屈折力が強くなる非球面を用いるのが良い。

【0070】具体的にはレンズG1、G2又はレンズブロックG4のいずれかのレンズ面に導入するのが良い。

【0071】(イ-17)倍率色収差を抑えるためには第1レンズ群中のある正レンズの材質のアップベ数を $v 1 p$ 、第1レンズ群中のある負レンズの材質のアップベ数を $v 1 n$ としたとき

$$\begin{aligned} * 50 < v 1 p & \dots\dots (11) \\ v 1 n < 35 & \dots\dots (12) \end{aligned}$$

を満足するのが良い。

【0072】(イ-18)レンズブロックG3とレンズブロックG4との間隔をDL3、レンズブロックG4とレンズブロックG5との間隔をDL4、レンズブロックG5とレンズブロックG6との間隔をDL5、第1レンズ面から最終レンズ面(レンズブロックG8の表示器側のレンズ面)までの距離をDとしたとき、

$$0.15 < DL 3 / D < 0.35 \quad \dots\dots (13)$$

$$0.1 < DL 4 / D < 0.3 \quad \dots\dots (14)$$

$$0.1 < DL 5 / D < 0.3 \quad \dots\dots (15)$$

を満足することである。

【0073】これらの式は絞りを挟んだ2つのレンズブロックG4、G5の配置と共に、歪曲、全長、外径寸法を的確に設定するためのものである。共に上限を超えると全長が大きくなり径も増大する。また下限を超えると歪曲が大きくなり適当でない。

【0074】以下に本発明の実施例を記載する。

【0075】数値実施例において $R i$ はスクリーン側より順に第 $i$ 番目の面の曲率半径、 $D i$ は物体側より順に第 $i$ 番目の光学部材厚又は空気間隔、 $N i$ と $v i$ はそれぞれ物体側より順に第 $i$ 番目の光学部材の屈折率とアップベ数である。

【0076】また、数値実施例1～3における最も表示面側の平板レンズGBは、色合成プリズム、偏光フィルター、カラーフィルター等のガラスブロックを示す。

【0077】又、前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表-1に示す。

## 数値実施例1

30

$$f = 27.85 \quad fNo = 1:1.35 \quad 2\omega = 63.7^\circ$$

$$R 1 = 95.759 \quad D 1 = 7.50 \quad N 1 = 1.69948 \quad v 1 = 55.5$$

$$R 2 = 246.912 \quad D 2 = 0.40$$

$$R 3 = 87.793 \quad D 3 = 4.00 \quad N 2 = 1.85415 \quad v 2 = 23.8$$

$$R 4 = 35.522 \quad D 4 = 10.36$$

$$R 5 = 182.655 \quad D 5 = 8.50 \quad N 3 = 1.83876 \quad v 3 = 37.2$$

$$R 6 = -84.506 \quad D 6 = 3.00 \quad N 4 = 1.62528 \quad v 4 = 58.2$$

$$R 7 = 49.669 \quad D 7 = 42.16 (=DL3)$$

$$R 8 = 116.634 \quad D 8 = 3.00 \quad N 5 = 1.70384 \quad v 5 = 30.1$$

$$R 9 = 39.138 \quad D 9 = 24.51 (=DL4) \quad 40$$

$$R10 = (\text{絞り}) \quad D10 = 3.84$$

$$R11 = 512.801 \quad D11 = 5.00 \quad N 6 = 1.85415 \quad v 6 = 23.8$$

$$R12 = -47.390 \quad D12 = 3.00 \quad N 7 = 1.48898 \quad v 7 = 70.2$$

$$R13 = -93.391 \quad D13 = 45.62 (=DL5)$$

$$R14 = -89.618 \quad D14 = 2.00 \quad N 8 = 1.85415 \quad v 8 = 23.8$$

$$R15 = 89.618 \quad D15 = 7.00 \quad N 9 = 1.48898 \quad v 9 = 70.2$$

$$R16 = -54.819 \quad D16 = 0.40$$

$$R17 = 4387.233 \quad D17 = 2.00 \quad N10 = 1.85415 \quad v 10 = 23.8$$

$$R18 = 82.960 \quad D18 = 8.00 \quad N11 = 1.48898 \quad v 11 = 70.2$$

$$R19 = -82.960 \quad D19 = 0.40$$

50

(7)

11

R20= 98.797    D20= 8.00    N12=1.66120     $\nu$  12=50.9  
 R21= -98.797    D21= 5.00  
 R22=  $\infty$     D22=52.00    N13=1.51805     $\nu$  13=64.1  
 R23=  $\infty$     D23=28.00    N14=1.81185     $\nu$  14=25.4  
 R24=  $\infty$   
 GB=R22, R23, R24

12

## 数値実施例 2

$f=27.83$      $fNo=1:1.35$      $2\omega=63.7^\circ$   
 R 1= 94.907    D 1= 8.16    N 1=1.78968     $\nu$  1=44.2  
 R 2= 245.838    D 2= 0.40  
 R 3= 82.544    D 3= 4.00    N 2=1.85415     $\nu$  2=23.8  
 R 4= 37.435    D 4=10.21  
 R 5= 217.440    D 5= 6.60    N 3=1.72305     $\nu$  3=50.2  
 R 6= -152.745    D 6= 3.00    N 4=1.60524     $\nu$  4=60.6  
 R 7= 49.644    D 7=38.20 (=DL3)  
 R 8= 78.880    D 8= 3.00    N 5=1.69948     $\nu$  5=55.5  
 R 9= 38.086    D 9=30.66 (=DL4)  
 R10= (絞り)    D10=12.76  
 R11= 145.004    D11= 5.00    N 6=1.85415     $\nu$  6=23.8  
 R12= -65.626    D12= 3.00    N 7=1.48898     $\nu$  7=70.2  
 R13= -168.858    D13=34.56 (=DL5)  
 R14= -55.583    D14= 2.00    N 8=1.85415     $\nu$  8=23.8  
 R15= 123.939    D15= 8.00    N 9=1.48898     $\nu$  9=70.2  
 R16= -50.416    D16= 0.48  
 R17=4085.594    D17= 2.00    N10=1.85415     $\nu$  10=23.8  
 R18= 69.457    D18=10.00    N11=1.48898     $\nu$  11=70.2  
 R19= -65.396    D19= 0.47  
 R20= 98.449    D20= 8.00    N12=1.72305     $\nu$  12=50.2  
 R21= -125.135    D21= 5.06     $\nu$  13=64.1  
 R22=  $\infty$     D22=52.00    N13=1.51805     $\nu$  13=64.1  
 R23=  $\infty$     D23=28.00    N14=1.81185     $\nu$  14=25.4  
 R24=  $\infty$   
 GB=R22, R23, R24

## 数値実施例 3

$f=50.52$      $fNo=1:2.7$      $2\omega=66.6^\circ$   
 R 1= 160.139    D 1= 12.86    N 1=1.77582     $\nu$  1=49.6  
 R 2= 402.731    D 2= 0.73  
 R 3= 132.472    D 3= 7.50    N 2=1.85415     $\nu$  2=23.8  
 R 4= 58.488    D 4= 18.86  
 R 5= 304.785    D 5= 13.00    N 3=1.83876     $\nu$  3=37.2  
 R 6= -243.538    D 6= 5.50    N 4=1.62528     $\nu$  4=58.2  
 R 7= 61.963    D 7= 85.92 (=DL3)  
 R 8= 90.313    D 8= 5.50    N 5=1.70384     $\nu$  5=30.1  
 R 9= 53.854    D 9= 37.88 (=DL4)  
 R10= (絞り)    D10= 0.06  
 R11= 200.546    D11= 9.10    N 6=1.85415     $\nu$  6=23.8  
 R12= -111.986    D12= 44.96 (=DL5)  
 R13= -279.560    D13= 3.50    N 7=1.85415     $\nu$  7=23.8

(8)

13

14

R14= 116.036    D14= 12.00    N 8=1.48898     $\nu$  8=70.2  
 R15=-104.031    D15= 1.50  
 R16=-145.351    D16= 3.50    N 9=1.85415     $\nu$  9=23.8  
 R17= 99.581    D17= 16.00    N10=1.48898     $\nu$  10=70.2  
 R18= -82.806    D18= 0.70  
 R19= 156.507    D19= 13.00    N11=1.66120     $\nu$  11=50.9  
 R 20=-181.387    D 20= 1.50  
 R22=  $\infty$

GB=R21, R22

数值实施例 4

10

f= 27.81    fNo=1:1.35     $2\omega=63.7^\circ$   
 R 1= 118.715    D 1= 8.00    N 1=1.69948     $\nu$  1=55.5  
 R 2= 343.746    D 2= 0.40  
 R 3= 81.203    D 3= 4.00    N 2=1.85410     $\nu$  2=23.9  
 R 4= 34.626    D 4=10.10  
 R 5= 191.387    D 5= 8.00    N 3=1.83876     $\nu$  3=37.2  
 R 6= -109.659    D 6= 3.00    N 4=1.51805     $\nu$  4=64.1  
 R 7= 40.132    D 7=38.11(=DL3)  
 R 8= 121.134    D 8= 3.00    N 5=1.70384     $\nu$  5=30.1  
 R 9= 40.119    D 9=27.81(=DL4)  
 R10= (絞り)    D10= 0.00  
 R11=-5156.299    D11= 4.00    N 6=1.85410     $\nu$  6=23.9  
 R12= -44.894    D12= 2.50    N 7=1.48898     $\nu$  7=70.2  
 R13= -85.501    D13=42.20(=DL5)  
 R14= 1742.043    D14= 7.50    N 8=1.48898     $\nu$  8=70.2  
 R15= -33.773    D15= 3.00  
 R16= -33.061    D16= 2.00    N 9=1.83876     $\nu$  9=37.2  
 R17= 132.695    D17= 7.50    N10=1.48898     $\nu$  10=70.2  
 R18= -44.065    D18= 0.40  
 R19= -307.171    D19= 2.00    N11=1.85410     $\nu$  11=23.9  
 R20= 80.592    D20= 8.00    N12=1.48898     $\nu$  12=70.2  
 R21= -80.592    D21= 0.40  
 R22= 93.208    D22= 8.00    N13=1.66120     $\nu$  13=50.9  
 R23= -93.208    D23= 5.00  
 R24=  $\infty$     D24=52.00    N14=1.51805     $\nu$  14=64.1  
 R25=  $\infty$     D25=28.00    N15=1.81185     $\nu$  15=25.4  
 R26=  $\infty$

GB=R24, R25, R26

【0078】

【表1】

(9)

15

16

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
f	27.85	27.83	50.52	27.81
f1	-29.24	-34.69	-47.34	-29.09
f2	69.53	67.54	94.95	117.83
bf(in air)	73.625	74.66	116.85	73.67
D	188.694	190.49	292.07	189.503
tk	159552.8	-140371	-320.67	144929.4
(9) $\beta 2$	-0.953	-0.8023	-1.067	0.956
$\phi$	34.6	34.6	66.4	34.6
f14	-85.05	-108.56	-202.13	-86.5
L3	42.16	38.2	85.92	38.1
L4	28.35	43.42	37.94	27.39
L5	45.82	34.56	44.96	42.199
(1) $bf/f$	2.643627	2.682716	2.312945	2.649047
(2) $bf/\phi$	2.12789	2.157803	1.759789	2.129191
(3) $D/f$	6.775368	6.844772	5.781275	6.814204
(4) $tk/bf$	2167.101	-1880.14	-2.74429	1867.278
(5) $f1/f2$	-0.42054	-0.51362	-0.49858	-0.24688
(6) $f1/\phi$	-1.04991	-1.2465	-0.93705	-1.04803
(7) $tk/f$	5729.005	-5043.87	-6.34739	5211.413
(10) $f1/bf$	-0.39715	-0.46464	-0.40513	-0.39487
(8) $f14/f1$	2.908687	3.129432	4.269751	2.97353
(13) $DL3/D$	0.223431	0.200535	0.294176	0.201052
(14) $DL4/D$	0.150243	0.227938	0.1299	0.144536
(15) $DL5/D$	0.241767	0.181427	0.153936	0.222682

L4-L5間隔

## 【0079】

【発明の効果】本発明によれば以上のように各要素を設定することにより、簡易なレンズ構成にて、広画角で明るく小型で倍率色収差、歪曲収差の発生が少なく、拡大投射プロジェクション装置に好適な、高精細な画像投影を行うことができるバックフォーカスの長いレトロフォーカス型のレンズを達成することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の数値実施例1のレンズ断面図

【図2】本発明の数値実施例1の諸収差図

【図3】本発明の数値実施例2のレンズ断面図

【図4】本発明の数値実施例2の諸収差図

【図5】本発明の数値実施例3のレンズ断面図

【図6】本発明の数値実施例3の諸収差図

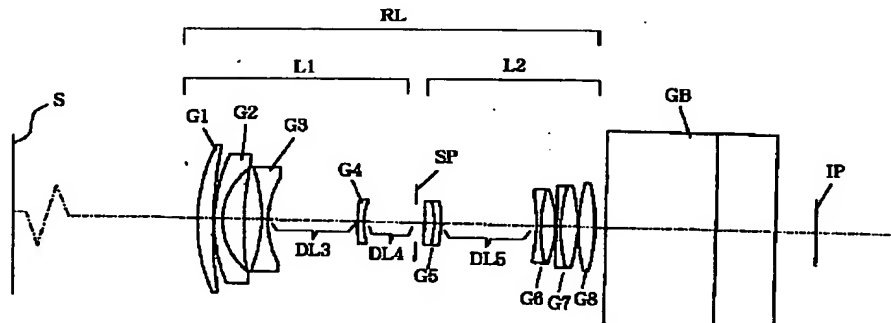
【図7】本発明の数値実施例4のレンズ断面図

【図8】本発明の数値実施例4の諸収差図

## 【符号の説明】

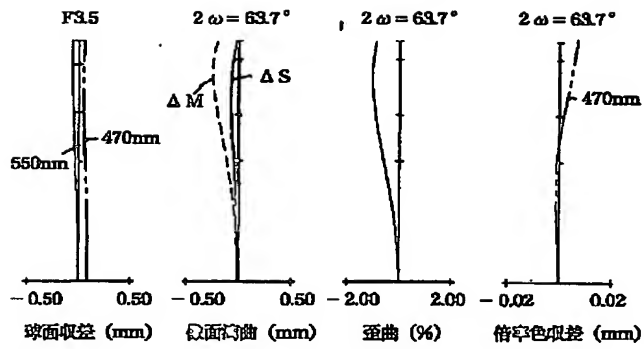
- L1 第1群  
 L2 第2群  
 S スクリーン  
 SP 絞り  
 IP 像面  
 d d線  
 g g線  
 $\Delta S$  サジタル像面  
 $\Delta M$  メリディオナル像面

【図1】

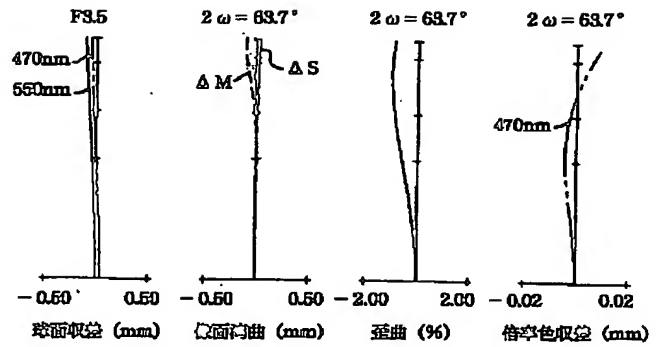


(10)

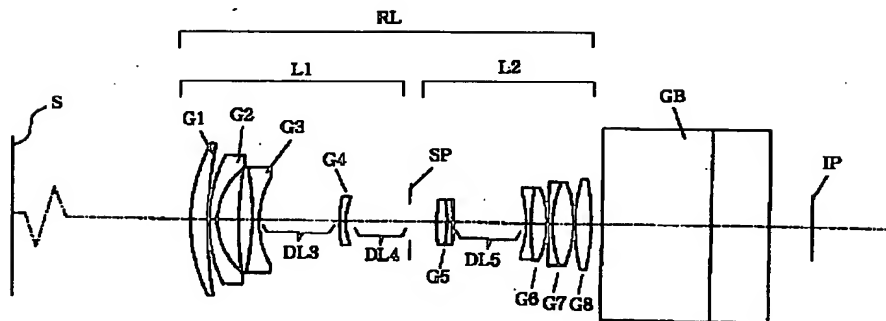
【図2】



【図4】



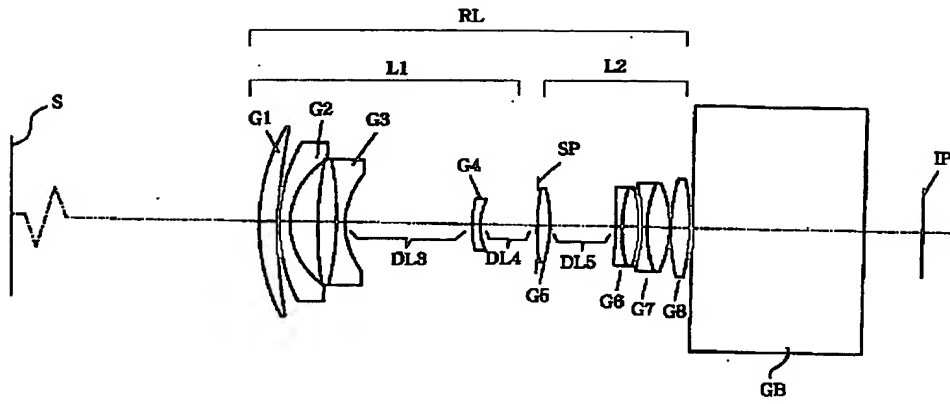
【図3】



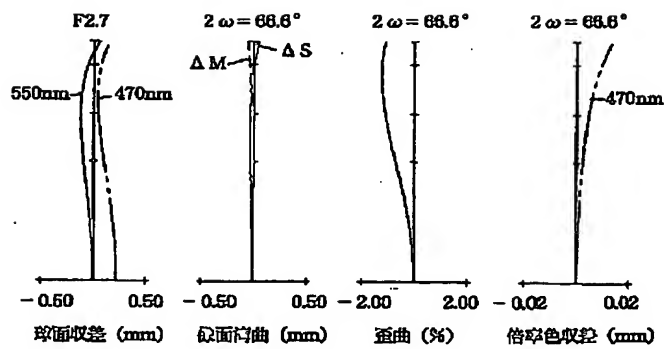


(11)

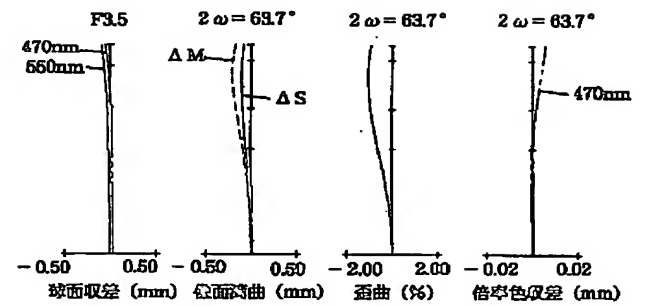
【図5】



【図6】



【図8】



(12)

【図7】

